

基于PLC的电梯起重机机械钢丝绳断裂故障监测系统

毛斌沁 刘建斌

宁波市特种设备检验研究院 浙江 宁波 315100

摘要: 本文介绍了一种基于PLC的电梯起重机机械钢丝绳断裂故障监测系统, 该系统集成了先进的数据采集、处理与通信技术, 通过实时监测钢丝绳的应变、振动等关键参数, 结合智能算法进行故障识别与预警。系统具备高可靠性、实时性和可扩展性, 有效提升电梯和起重机的安全性能。通过实际应用验证, 该系统能够准确判断钢丝绳的健康状态, 及时预警潜在断裂风险, 为设备的稳定运行提供有力保障。

关键词: PLC; 电梯起重机; 机械钢丝绳; 断裂故障; 监测系统

1 电梯起重机安全性对建筑物运行的重要性

电梯与起重机作为现代建筑中不可或缺的垂直运输设备, 其安全性直接关系到建筑物的正常运行、人员安全及整体运营效率, 具有不可估量的重要性。第一、从人员安全的角度来看, 电梯作为高层建筑中人员流动的主要通道, 其安全性直接关系到每一位乘客的生命安全。一旦电梯发生故障, 如突然停运、坠落或困人等, 不仅会造成乘客的恐慌和伤害, 还可能引发社会恐慌和负面舆论, 对建筑物的声誉和运营造成严重影响, 确保电梯的电气系统、机械部件、安全装置(如限速器、安全钳、门锁等)以及紧急救援系统始终处于良好状态, 是保障人员安全、维护建筑物正常运行秩序的首要任务。第二、起重机在建筑施工和后期维护中扮演着重要角色, 负责重型材料和设备的吊装作业。起重机的安全性不仅关乎操作人员的生命安全, 还直接影响到施工进度和质量, 一旦起重机发生倾覆、脱钩或重物坠落等事故, 不仅会造成巨大的经济损失, 还可能引发严重的安全事故, 甚至影响建筑物的结构安全。对起重机的设计、制造、安装、使用和维护等各个环节实施严格的安全管理, 确保其符合国家和行业标准, 是保障建筑施工安全、提升建筑物整体质量的关键^[1]。电梯与起重机的安全性对于建筑物的正常运行具有至关重要的意义。它们不仅是建筑物内部交通和物流顺畅的保障, 更是人员安全、施工进度和建筑质量的生命线, 必须高度重视电梯与起重机的安全管理工作, 加强日常检查、维护和保养, 及时发现并消除安全隐患, 确保它们始终处于安全、可靠、高效的运行状态。

2 电梯起重机安全监测系统的发展历程

电梯和起重机安全监测系统的发展历程, 是随着科技进步与安全需求不断提升而逐步演进的。早期, 电梯和起重机的安全监测主要依赖于人工巡检和简单的机

械保护装置, 如电梯的限速器、安全钳以及起重机的超载限制器等。这些装置虽然在一定程度上提高了设备的安全性, 但受限于技术水平和监测手段的局限性, 难以实现实时、全面的安全监测。随着电子技术和计算机技术的飞速发展, 电梯和起重机安全监测系统开始迈入自动化、智能化的新阶段。20世纪80年代以后, 传感器技术、数据采集与处理技术的广泛应用, 使得安全监测系统能够实时采集设备运行状态信息, 如电梯的运行速度、门锁状态、重量分布以及起重机的起重量、工作幅度、力矩等, 为安全监测提供了更为丰富的数据支持。进入21世纪, 随着物联网、大数据、云计算等技术的兴起, 电梯和起重机安全监测系统进一步向信息化、网络化、智能化方向发展。通过无线通信技术, 监测系统能够实现与主控中心的远程通信, 使得主控中心能够实时掌握设备的运行状态, 及时发现并处理潜在的安全隐患, 大数据分析技术的应用, 使得监测系统能够基于历史数据对设备的运行状态进行预测分析, 提前预警潜在故障, 进一步提高设备的安全性和可靠性。目前, 国内外在电梯和起重机安全监测系统的研发和应用方面均取得了显著进展。一些先进的监测系统不仅具备实时监测、预警、报警等功能, 还能够与楼宇自控管理系统、企业安全生产管理系统等实现无缝对接, 形成更为完善的安全管理体系。未来, 随着技术的不断进步和应用场景的不断拓展, 电梯和起重机安全监测系统将继续向更加智能化、精准化、高效化的方向发展^[2]。

3 PLC在电梯起重机安全监测中的应用

PLC(可编程逻辑控制器)在电梯和起重机安全监测中的应用, 极大地提升了这些垂直运输设备的安全性和运行效率。PLC作为一种高度集成化、智能化的工业控制设备, 通过编程实现逻辑控制、数据处理和通信功能, 成为电梯和起重机安全监测系统的核心部件。在电梯安

全监测中, PLC负责接收来自各种传感器的信号, 如楼层位置、门锁状态、运行速度、载重情况等, 并根据预设的程序逻辑对这些信号进行处理和判断。一旦检测到异常情况, 如超速、超载、门未关闭等, PLC会立即触发相应的安全保护机制, 如紧急制动、声光报警等, 确保电梯乘客的安全, PLC还能与电梯的显示系统、通讯系统等其他子系统实现联动, 提供更为全面、便捷的人机交互体验。在起重机安全监测中, PLC同样发挥着至关重要的作用, 它负责监控起重机的各项运行参数, 如起重量、工作幅度、力矩限制等, 确保起重机在规定的安全范围内作业。通过实时采集和处理传感器数据, PLC能够及时发现并预警潜在的安全隐患, 如超载、超力矩等, 防止起重机发生倾覆、脱钩等严重事故, PLC还能与起重机的控制系统、监控系统等实现无缝对接, 实现远程监控、故障诊断和数据分析等功能, 提高起重机的运行效率和安全性。

4 机械钢丝绳断裂故障监测系统设计与原理

4.1 系统整体架构设计

机械钢丝绳断裂故障监测系统是一个复杂而精密的系统, 旨在实时监测电梯和起重机中机械钢丝绳的运行状态, 及时发现并预警潜在的断裂风险。系统整体架构设计遵循模块化、可扩展性和高可靠性的原则, 确保系统能够稳定运行并适应不同的应用环境。

4.1.1 系统组成

系统主要由数据采集模块、数据传输模块、数据处理与分析模块、预警与报警模块以及人机界面模块等五大部分组成。(1) 数据采集模块: 负责实时采集机械钢丝绳的各种状态参数, 如应变、振动、温度、电阻值等。这些参数通过安装在钢丝绳上的各类传感器(如应变传感器、振动传感器、温度传感器、电阻传感器等)进行采集^[3]。(2) 数据传输模块: 将采集到的数据通过有线或无线方式传输到数据处理中心。该模块采用高速、稳定的数据传输技术, 确保数据的实时性和准确性。(3) 数据处理与分析模块: 对接收到的数据进行处理和分析, 提取出与钢丝绳断裂相关的特征信息。该模块采用先进的算法和模型, 如小波分析法、BP神经网络等, 对数据进行深度挖掘和智能分析。(4) 预警与报警模块: 根据数据处理与分析的结果, 当检测到钢丝绳存在断裂风险时, 及时触发预警和报警机制。预警方式可以包括声音、光线、振动等, 报警信息则通过人机界面或远程通讯系统发送给相关人员。(5) 人机界面模块: 提供友好的用户界面, 方便操作人员对系统进行监控、配置和维护。该模块支持实时数据显示、历史数据查

询、报警记录查看等功能, 同时提供图形化界面, 直观展示钢丝绳的运行状态和故障信息。

4.1.2 系统架构特点

第一、模块化设计: 系统采用模块化设计思想, 各模块之间相对独立, 便于维护和升级。第二、可扩展性: 系统架构支持新功能的扩展和接入, 可根据实际需求增加新的传感器和监测算法。第三、高可靠性: 系统采用冗余设计和容错机制, 确保在部分组件故障时仍能正常运行。第四、实时性: 系统具备快速响应能力, 能够实时采集、传输和处理数据, 及时发现并预警潜在故障。

4.2 机械钢丝绳断裂故障监测算法原理

4.2.1 数据预处理

首先, 对采集到的原始数据进行预处理, 包括数据清洗、去噪、滤波等步骤。数据清洗旨在去除异常值和无效数据; 去噪和滤波则用于提高数据的信噪比和准确性。

4.2.2 特征提取

在预处理后的数据中提取与钢丝绳断裂相关的特征信息。这些特征信息可能包括钢丝绳的应变变化、振动频率、温度波动、电阻值差异等。特征提取的方法包括时域分析、频域分析、小波变换等。

4.2.3 故障识别与判断

基于提取的特征信息, 采用适当的算法和模型对钢丝绳的健康状态进行识别和判断。常用的算法包括BP神经网络、支持向量机(SVM)、决策树等。这些算法通过训练学习得到钢丝绳断裂故障的特征模式, 进而对实时数据进行匹配和判断。

4.2.4 阈值设定与报警

设定合理的阈值作为判断钢丝绳是否存在断裂风险的依据。当特征信息超过设定的阈值时, 系统触发预警和报警机制。阈值的设定需要根据实际经验和实验数据进行调整和优化。

4.3 PLC在系统中的作用与实现

PLC(可编程逻辑控制器)在机械钢丝绳断裂故障监测系统中扮演着至关重要的角色, 负责系统的逻辑控制、数据采集与处理以及通信功能。

4.3.1 逻辑控制

PLC通过编程实现系统的逻辑控制功能, 包括传感器信号的采集顺序、数据处理流程、预警与报警机制的触发条件等。PLC的逻辑控制功能使得系统能够按照预定的流程和规则运行, 确保监测的准确性和可靠性^[4]。

4.3.2 数据采集与处理

PLC具备强大的数据采集与处理能力, 能够实时接收来自传感器的信号, 并进行初步的处理和转换。PLC内部

集成的A/D转换器和D/A转换器可以将模拟信号转换为数字信号进行处理,同时支持多种通信协议和接口,方便与其他设备进行数据交换。

4.3.3 通信功能

PLC作为系统的核心控制单元,与数据采集模块、数据处理与分析模块、预警与报警模块以及人机界面模块等之间通过通信总线或网络接口进行连接。PLC支持多种通信协议和方式(如Modbus、Profibus、Ethernet等),确保系统内部各模块之间的信息畅通无阻。

4.3.4 实现方式

PLC在系统中的实现方式主要包括硬件组态和软件编程两个方面。硬件组态涉及PLC的选型、输入输出模块的配置以及与其他设备的连接等;软件编程则根据系统的功能需求和控制逻辑进行编程设计。在编程过程中,可以采用梯形图、功能块图、指令表等多种编程语言进行编程,以实现系统的复杂控制逻辑和数据处理功能。

5 PLC的电梯起重机机械钢丝绳断裂故障监测系统的实施与测试

5.1 系统硬件搭建与软件编程

在PLC控制的电梯起重机机械钢丝绳断裂故障监测系统中,硬件搭建与软件编程是实现系统功能的关键步骤。系统硬件搭建包括PLC的选型、传感器安装、数据采集模块配置以及通信网络的构建,根据电梯和起重机的具体需求,选择适合的PLC型号,确保其具备足够的输入输出点数、处理能力和通信接口。在机械钢丝绳上安装各类传感器,如应变传感器、振动传感器等,用于实时监测钢丝绳的状态参数。数据采集模块则负责将传感器采集到的模拟信号转换为数字信号,并传输给PLC进行处理。构建稳定可靠的通信网络,确保PLC与各个模块之间的数据传输畅通无阻。软件编程是PLC控制系统实现功能的核心。在编程过程中,首先需要确定系统的控制逻辑和数据处理流程,包括数据采集、预处理、特征提取、故障识别与判断以及预警与报警等步骤。根据控制逻辑,采用梯形图、功能块图或指令表等编程语言进行编程设计。编程过程中,需要充分考虑PLC的性能特点、传感器的信号特性以及系统的实时性要求,确保程序的高效运行和准确判断。还需要编写人机界面程序,用于显示实时数据、历史记录、报警信息等,并提供操作员

与系统的交互接口。

5.2 系统功能测试与性能评估

系统搭建完成后,需要进行全面的功能测试和性能评估,以确保系统能够稳定运行并满足实际需求。功能测试主要验证系统各模块是否能够正常工作,并满足预定的功能要求^[5]。测试内容包括数据采集的准确性、数据传输的实时性、故障识别的准确性以及预警与报警机制的可靠性等。通过模拟各种工况和故障情况,测试系统在不同条件下的响应速度和判断能力,还需要测试人机界面的友好性和易用性,确保操作员能够方便地监控系统状态和进行故障处理。性能评估则是对系统整体性能的综合评价,包括系统的稳定性、可靠性、实时性和可扩展性等方面。稳定性评估主要考察系统在不同工况和负载下的运行稳定性,确保系统能够长时间稳定运行而不出现故障。可靠性评估则通过统计分析系统的故障率和修复时间等指标,评估系统的可靠性水平。实时性评估则关注系统对突发故障的响应速度和处理能力,确保系统能够及时发现并处理潜在的安全隐患。可扩展性评估则考虑系统在未来升级和扩展时的灵活性和便捷性。

结束语

基于PLC的电梯起重机机械钢丝绳断裂故障监测系统,是现代工业安全监控的重要成果。其精准的监测、快速的响应和高效的预警机制,为电梯和起重机的安全运行筑起了一道坚实的防线。随着技术的不断进步和应用的深入,该系统将在更多领域展现其卓越的性能和价值,为推动工业智能化、安全化发展贡献力量。

参考文献

- [1]张玲玲.大数据时代下的电梯故障预测研究[J].低碳世界,2019,9(12):303-304.
- [2]吴文祥,岑果,陈少雄,沈峥.电梯大数据决策分析系统的设计及应用[J].中国电梯,2021,32(06):16-21.
- [3]范伟,李兵,陈冰华,任尚坤.钢丝绳损伤电磁无损检测能力评估方法研究[J].中国设备工程,2020(13):152-154.
- [4]肖思悦.电梯钢丝绳的检测与维护[J].建材与装饰,2020(18):216+219.
- [5]常琳.基于电磁法的无损检测技术在矿用钢丝绳检测中的应用[J].煤矿机械,2020,41(01):154-156.